

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2005 年 8 月 25 日 (25.08.2005)

PCT

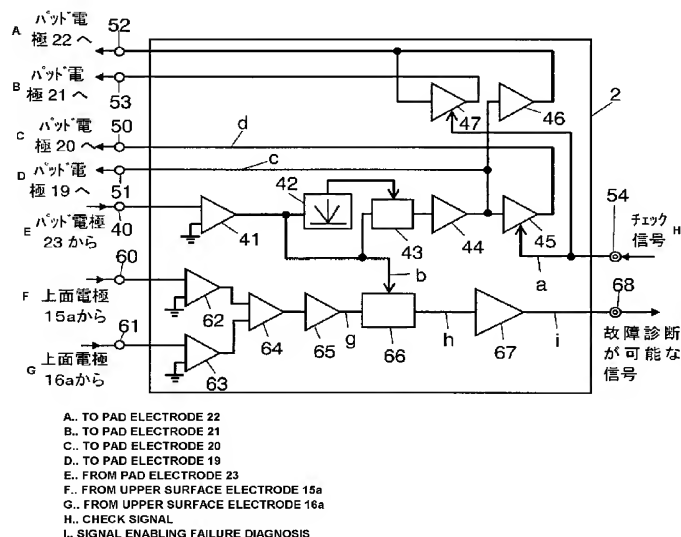
(10) 国際公開番号
WO 2005/078389 A1

- (51) 国際特許分類: G01C 19/56, G01P 9/04 (72) 発明者; および
(21) 国際出願番号: PCT/JP2005/002125 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 野添 利幸 (NO-ZOE, Toshiyuki).
(22) 国際出願日: 2005 年 2 月 14 日 (14.02.2005) (74) 代理人: 岩橋 文雄, 外(IWAHASHI, Fumio et al.); 〒5718501 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内 Osaka (JP).
(25) 国際出願の言語: 日本語
(26) 国際公開の言語: 日本語
(30) 優先権データ: 特願2004-041088 2004 年 2 月 18 日 (18.02.2004) JP (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG,
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 松下電器産業株式会社 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5718501 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 Osaka (JP).

[続葉有]

(54) Title: ANGULAR VELOCITY SENSOR

(54) 発明の名称: 角速度センサ



(57) Abstract: An angular velocity sensor in which without providing any means separately from a driving section and a detecting section on a vibrator, failure diagnosis of the detecting section with high accuracy can be made even through the sensor has a simple structure and a small size. When a check signal for failure diagnosis is inputted from outside into a terminal (54), the amplification of an amplifier (45) lowers, and simultaneously that of an amplifier (44) increases by the action of an AGC circuit (43). Therefore, drive signals of reduced amplitudes are taken out from terminal (50, 53), and those of increased amplitudes are taken out from terminals (51, 52). These drive signals are fed from the terminals (50 to 53) respectively to one and the other of a pair of drive electrodes spaced on both sides of the central part of the arms of a turning-fork vibrator.

(57) 要約: 振動子上に駆動部と検出部とは別の新たな手段を設けることなしに、シンプルな構成でかつ、小型であるにも関わらず、高精度な検出部の故障診断が可能な角速度センサを提供する。外部から故障診断を実施するためのチェック信号が端子 (54) に入力されるとアンプ (45) の増幅度が減少し、同時に AGC 回路 (43) の働きによりアンプ (44) の増幅度が

[続葉有]

WO 2005/078389 A1



SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護
が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA,
SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ,
BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE,
BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU,
IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される
各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語
のガイダンスノート」を参照。

増加する。このため、端子（５０）、（５３）には振幅が減少した駆動信号が、端子（５１）、（５２）には振幅
が増加した駆動信号をそれぞれ取り出すことができる。これらの駆動信号は端子（５０）乃至（５３）を介して、
音叉型振動子のアームの中心部を境にして、離間されて設けられた一対の駆動電極の一方の駆動電極及び他方の駆
動電極にそれぞれ供給される。

明 細 書

角速度センサ

技術分野

[0001] 本発明は、故障診断機能を備えた角速度センサに関するものである。

背景技術

[0002] 従来この種の角速度センサとしては、例えば、日本公開特許、特開平11-101644号公報に紹介されている。

[0003] 図9、図10は、特開平11-101644号公報に紹介されている従来の角速度センサを示す。図9は角速度センサの振動子を示す斜視図であり、図10は同側面図である。

[0004] 図9、図10において、形状が正3角柱状で材料がエリンバ等からなる振動体101の上には屈曲振動を励起するための駆動部としてその両面に電極が形成された圧電体102、103及び104が形成される。また、振動体101の長手方向の軸周りに角速度 Ω が印加されたときの屈曲振動の変化を検出するための検出部として、その両面に電極が形成された圧電体105、106が振動体101の長手方向の中央部を境にして、圧電体103、104とは反対側に設けられている。圧電体105、106は、振動体101の長手方向の軸周りに角速度 Ω が印加されたときに働くコリオリ力と同じ向きに振動体101を屈曲振動させるための疑似コリオリ力発生部として、その両面に電極が形成されている。

[0005] 従来の角速度センサにおいては、検出部の故障診断のために振動体101上に駆動部としての圧電体102や検出部としての圧電体103、104とは別の特別な圧電体105、106を設けなければならなかった。

発明の開示

[0006] 本発明は検出部の故障診断のために、振動子上に駆動部と検出部とは別の新たな手段を設けることなしに、シンプルで、かつ、小型であるにも関わらず、高精度な検出部の故障診断が可能な角速度センサを提供するものである。

[0007] 本発明の角速度センサは、振動子と、この振動子上に設けられそのX軸方向とZ軸

方向を励振することが可能な駆動部と、駆動部に振動子のX軸方向に励振するための駆動信号を供給するための第1駆動回路を備える。また、駆動部に振動子のX軸方向とZ軸方向に励振するための駆動信号を供給するための第2駆動回路を備える。また、振動子上に設けられそのZ軸方向に振動する撓みを検出する検出部と、第1駆動回路から駆動部に駆動信号が供給され、かつ、振動子のY軸の周りに角速度が印加されたときの検出部から出力される信号を増幅・検波することにより、角速度信号が出力される角速度検出回路を備える。また、第2駆動回路から駆動部に駆動信号が供給されたときに検出部から出力される信号を増幅、検波することにより、検出部の故障診断が可能となる信号が出力される自己診断回路とを備えている。

[0008] こうした構成によれば、検出部の故障診断のために、振動子上に駆動部と検出部とは別の新たな手段を設ける必要がないので、シンプルで、かつ、小型な構成であるにも関わらず、高精度な検出部の故障診断が可能である。

[0009] また本発明の角速度センサは、振動子は少なくとも2つのアームとこのアームを連結する少なくとも1つの基部を有した弾性材料からなる音叉型振動子を備える。駆動部はこの音叉型振動子の少なくとも1つのアームの少なくとも1つの一主面上の中心部を境にして、少なくとも上部電極が離間して設けられた圧電膜を備える。さらに検出部は音叉型振動子の少なくとも1つのアームの少なくとも1つの一主面上に設けられ、その両面に電極を有した圧電膜を備え、音叉型振動子のX軸方向に音叉振動するように離間した各上部電極に第1駆動回路より互いに位相が反転した駆動信号が供給され、また、音叉型振動子のX軸方向に音叉振動するとともにそのZ軸方向にも振動するように離間して設けられた各上部電極に第2駆動回路から互いに位相が反転し、かつ、振幅の大きさに差をもたせた所定の駆動信号を供給するように構成されている。

[0010] こうした構成によれば、音叉型振動子のアームの中心部を境にして、離間して設けられた各上部電極に第1駆動回路から駆動信号が供給された場合は、アームの中心部を境にして、アームの左右の部分の音叉型振動子のZ軸方向に互いに逆に撓ませようとする力が釣り合って、相殺されることになる。このため、音叉型振動子のX軸方向への音叉振動しか起こらないが、音叉型振動子のアームの中心部を境にして、離

間して設けられた各上部電極に第2駆動回路から互いに位相が反転し、かつ、振幅の大きさに差をもたせた駆動信号が供給される。このとき、アームの中心部を境にして、アームの左右の部分を音叉型振動子のZ軸方向に互いに逆に撓ませようとする力が釣り合わなくなる。その結果、これらの力が相殺されないため、音叉型振動子のX軸方向に音叉振動すると同時にあたかも角速度が印加されたときのコリオリ力によってZ軸方向への撓み振動が起こる。音叉型振動子のZ軸方向への撓みによって、駆動部とは独立に設けられた検出部としての圧電膜上の電極に電荷が誘起される。

[0011] この信号を自己診断回路によって増幅し、検波することで、検出部を駆動部とは兼用させずに互いに独立した状態で故障診断が可能となる信号が出力できる。

[0012] また本発明の角速度センサは、振動子は少なくとも2つのアームとこのアームを連結する基部を備え、この基部は弾性材料からなり、少なくとも音叉型振動子を備えている。また、駆動部はこの音叉型振動子の少なくとも1つのアームの少なくとも1つの一主面上の中心部を境にして、離間するように設けられている。また音叉型振動子はその上面及び下面にそれぞれ電極を有した一对の圧電膜を備えている。

[0013] さらに検出部は音叉型振動子の少なくとも1つのアームの少なくとも1つの一主面上に設けられ、その両面に電極を有した圧電膜を備えている。音叉型振動子のX軸方向に音叉振動するように離間して設けられた各上面電極に第1駆動回路より互いに位相が反転した駆動信号が供給され、また、音叉型振動子のX軸方向に音叉振動するとともにそのZ軸方向にも振動するように離間した各上面電極に第2駆動回路より互いに位相が反転し、かつ、振幅に差をもたせた駆動信号が供給されるように構成されている。

[0014] 音叉型振動子のアームの中心部を境にして、離間させて設けた一对の圧電膜の各上面電極に第1駆動回路より駆動信号が供給された場合は、アームの中心部を境にして、アームの左右の部分を音叉型振動子のZ軸方向に互いに逆に撓ませようとする力が釣り合い、相殺されてしまうため、そのX軸方向への音叉振動しか起こらない。しかし、音叉型振動子のアームの中心部を境にして、離間した一对の圧電膜の各上面電極に第2駆動回路より互いに位相が反転し、かつ、振幅に差をもたせた駆動信号が供給されるので、アームの中心部を境にしてアームの左右の部分を音叉型振動

子のZ軸方向に互いに逆に撓ませようとする力が釣り合わなくなる。その結果、これらの力は相殺されないため、X軸方向に音叉振動すると同時にあたかも角速度が印加されたときのコリオリ力によってZ軸方向への撓み振動も起こる。

- [0015] このZ軸方向への撓みによって、駆動部とは独立に設けられた検出部として機能を有する圧電膜上の電極に電荷が誘起される。この信号を自己診断回路により増幅し、検波することで、検出部を駆動部と兼用させずに独立させた状態で故障診断が可能となる信号が出力できる。また、音叉型振動子のアームの中心部を境にして、駆動部が分離されて設けられているため、そのX軸方向とそのZ軸方向へ、より高精度な振動を発生させることができる。
- [0016] また本発明の角速度センサは、振動子は少なくとも2つのアームとこのアームを連結する少なくとも1つの基部とを有した弾性材料からなる音叉型振動子を備えている。駆動部はこの音叉型振動子の2つのアームに設けられ、各々のアームの一主面上の中心部を境にして、少なくとも上部電極が離間して設けられ、かつ、少なくとも各々のアーム間で上部電極の面積に差が設けられた第1、第2の圧電膜を備えている。
- [0017] さらに検出部は音叉型振動子の少なくとも1つのアームの少なくとも1つの一主面上に設けられ、その両面に電極を有した圧電膜を備えている。音叉型振動子のX軸方向に音叉振動するように第1、第2の圧電膜上にそれぞれ互いに離間して設けられた各上部電極に第1駆動回路より互いに位相が逆反転した駆動信号が供給される。
- [0018] また、X軸方向に音叉振動するとともにそのZ軸方向にも振動するように第1、第2の圧電膜上に互いに離間して設けられた各上部電極に第2駆動回路より互いに位相が反転し、かつ、振幅に差をもたせた駆動信号が供給されるように構成されている。
- [0019] こうした構成によれば、音叉型振動子のアームの中心部を境にして、離間されて設けられた各上部電極に第1駆動回路より駆動信号が供給された場合は、アームの中心部を境にして、その左右の部分を音叉型振動子のZ軸方向に互いに逆に撓ませようとする力が釣り合い、相殺される。このため、音叉型振動子のX軸方向への音叉振動しか起こらない。しかし、音叉型振動子のアームの中心部を境にして、離間されて設けられた各上部電極に第2駆動回路より、互いに位相が反転され、かつ、振幅に差をもたせた駆動信号が供給される。

- [0020] このため、アームの中心部を境にして、アームの左右の部分をZ軸方向に互いに逆に撓ませようとする力が釣り合わなくなるばかりか、一方のアームと他方のアームで上部電極の面積に差をもたせているので、不釣り合いの度合いが一方のアームと他方のアームで異なるため、結果として、X軸方向に音叉振動すると同時にあたかも角速度が印加されたときのコリオリ力に基づくようなZ軸方向への撓み振動が起こる。このZ軸方向への撓みによって、駆動部とは独立に設けられた検出部としての圧電膜上の電極に電荷が誘起される。
- [0021] この誘起された信号を自己診断回路により増幅し、検波することで、検出部と駆動部とを兼用させずに独立した状態で故障診断が可能となる信号を出力することができる。
- [0022] また本発明の角速度センサは、振動子は少なくとも2つのアームとこのアームを連結する少なくとも1つの基部とを有した弾性材料からなる音叉型振動子を備えている。駆動部はこの音叉型振動子の2つのアームに設けられ、各々のアームの一主面上の中心部を境にして、離間されて設けられ、その上面、下面にそれぞれ電極を有し、かつ、少なくともそれぞれのアーム間で上面電極の面積に差が設けられた各一对の圧電膜を備えている。
- [0023] さらに検出部は音叉型振動子の少なくとも1つのアームの少なくとも1つの一主面上に設けられ、その両面に電極を有した圧電膜を備える。また、音叉型振動子のX軸方向に音叉振動するように各一对の圧電膜上にそれぞれ離間して設けられた各上面電極に第1駆動回路より互いに位相が反転した駆動信号が供給される。
- [0024] また、音叉型振動子のX軸方向に音叉振動するとともにそのZ軸方向にも振動するように各一对の圧電膜上に各別に離間して設けられた各上面電極に第2駆動回路から互いに位相が反転し、かつ、振幅に差をもたせた駆動信号が供給されるように構成されている。
- [0025] こうした構成によれば、音叉型振動子のアームの中心部を境にして、離間されて設けられた各上面電極に第1駆動回路より駆動信号が供給された場合は、アームの中心部を境にして、アームの左右の部分をZ軸方向に互いに逆に撓ませようとする力が釣り合い、相殺されてしまうため、音叉型振動子のX軸方向への音叉振動しか起こら

ない。

- [0026] しかし、音叉型振動子のアームの中心部を境にして、離間されて設けられた各上面電極に第2駆動回路から互いに位相が反転し、かつ、振幅の大きさに差をもたせた駆動信号を供給することによって、アームの中心部を境にして、アームの左右の部分を音叉型振動子のZ軸方向に互いに逆に撓ませようとする力が釣り合わなくなる。また、一方のアームと他方のアームで上面電極の面積に差をもたせたので、不釣り合いの度合いが一方のアームと他方のアームで異なるという状態が起こる。
- [0027] このため、音叉型振動子のX軸方向に音叉振動すると同時にあたかも角速度が印加されたときのコリオリ力に基づくようなZ軸方向への撓み振動が起こる。音叉型振動子のZ軸方向への撓みによって、駆動部とは独立に設けられた検出部としての圧電膜上の電極に電荷が誘起される。
- [0028] この誘起された信号(電荷)を自己診断回路により増幅し、検波することで、検出部と駆動部とを兼用せずに互いに独立した状態で故障診断が可能となる信号を出力することができる。また音叉型振動子のアームの中心部を境にして、駆動部が分離されて設けられているため、音叉型振動子のX軸方向とそのZ軸方向に添って、より高精度な振動を発生させることができる。
- [0029] また本発明の角速度センサは、振動子は少なくとも2つのアームとこのアームを連結する少なくとも1つの基部とを有した弾性材料からなる音叉型振動子を備えている。駆動部はこの音叉型振動子の2つのアームに設けられ、各々のアームの一主面上の中心部を境にして、少なくとも上部電極が離間して設けられている。かつ、少なくとも各々のアーム間で上部電極のY軸方向における位置に差を有する第1、第2の圧電膜を備えている。
- [0030] さらに検出部は音叉型振動子の少なくとも1つのアームの少なくとも1つの一主面上に設けられ、圧電膜の両面には電極が備えられている。また、音叉型振動子のX軸方向に音叉振動するように第1、第2の圧電膜上にそれぞれ離間して設けられた各上部電極に第1駆動回路から、互いに位相が反転した駆動信号が供給されている。また、音叉型振動子のX軸方向に音叉振動するとともにそのZ軸方向にも振動するように第1、第2の圧電膜上に互いに離間して設けられた各上部電極に第2駆動回路

から互いに位相が反転し、かつ、振幅の大きさに差をもたせた駆動信号が供給されるように構成されている。

[0031] また音叉型振動子のアームの中心部を境にして、互いに離間して設けられた各上部電極に第1駆動回路より駆動信号が供給された場合は、アームの中心部を境にして、アームの左右の部分をZ軸方向に互いに逆に撓ませようとする力が釣り合い、相殺されてしまうため、X軸方向への音叉振動しか起こらない。

[0032] しかし、音叉型振動子のアームの中心部を境にして、互いに離間して設けられた各上部電極に第2駆動回路より互いに位相が反転し、かつ、振幅に差をもたせた駆動信号が供給された場合は、アームの中心部を境にして、アームの左右の部分をZ軸方向に互いに逆に撓ませようとする力が釣り合わなくなる。

[0033] また、一方のアームと他方のアームで上部電極のY軸方向における位置に差があり、不釣り合いの度合いが一方のアームと他方のアームで異なるため、音叉型振動子のX軸方向に音叉振動すると同時にあたかも角速度が印加されたときのコリオリ力に基づくようなZ軸方向への撓み振動を生成することができる。このZ軸方向への撓み振動の作用によって、駆動部とは独立に設けられた検出部としての圧電膜上の電極に電荷が誘起されることになる。

[0034] この誘起された電荷(信号)を自己診断回路によって増幅し、検波するならば、検出部と駆動部とを兼用させずに互いに独立した状態で故障診断が可能となる信号を出力することができる。

[0035] また本発明の角速度センサは、振動子は少なくとも2つのアームとこのアームを連結する少なくとも1つの基部とを有した弾性材料で構成された音叉型振動子を備えている。

[0036] 駆動部はこの音叉型振動子の2つのアームに設けられ、各々のアームの一主面上の中心部を境にして、離間するように設けられている。音叉型振動子の主体構成である圧電膜の上面及び下面にはそれぞれ電極を有している。また、圧電膜は少なくとも各々のアーム間で圧電膜上の上面電極のY軸方向における位置に差を有した各一對の圧電膜である。

[0037] さらに検出部は音叉型振動子の少なくとも1つのアームの少なくとも1つの一主面上

に設けられ、その両面に電極を有した圧電膜を備えている。また、X軸方向に音叉振動するように各一对の圧電膜上にそれぞれ離間して設けた各上面電極に第1駆動回路より互いに位相が逆反転した駆動信号が供給される。また、音叉型振動子のX軸方向に音叉振動するとともにそのZ軸方向にも振動するように各一对の圧電膜上に互いに離間して設けられた各上面電極に第2駆動回路からは互いに位相が逆反転し、かつ、振幅の大きさに差をもたせた所定の駆動信号が供給されるように構成されている。

[0038] こうした構成によれば、音叉型振動子のアームの中心部を境にして、離間されて設けられた各上面電極に第1駆動回路より駆動信号が供給された場合は、アームの中心部を境にして、アームの左右の部分をZ軸方向に互いに逆に撓ませようとする力が釣り合い、相殺されてしまうため、X軸方向への音叉振動しか起こらない。しかし、音叉型振動子のアームの中心部を境にして、離間されて設けられた各上面電極に第2駆動回路より互いに位相が反転し、かつ、振幅に差をもたせた駆動信号が供給されると、アームの中心部を境にして、アームの左右の部分をZ軸方向に互いに逆に撓ませようとする力が釣り合わなくなるばかりか、一方のアームと他方のアームで上面電極のY軸方向における位置に差があり、不釣り合いの度合いが一方のアームと他方のアームで異なるため、結果として、X軸方向に音叉振動すると同時にあたかも角速度が印加されたときのコリオリ力に基づくようなZ軸方向への撓み振動も起こる。

[0039] このZ軸方向への撓みによって、駆動部とは独立に設けられた検出部としての圧電膜上の電極に電荷が誘起される。この信号を自己診断回路により増幅し、検波することで、検出部と駆動部とを兼用させずに互いに独立した状態で故障診断が可能となる信号が出力できる。また、音叉型振動子のアームの中心部を境にして、駆動部が分離されて設けられているため、X軸方向とZ軸方向へより高精度な振動を発生させることができるという作用効果を奏する。

[0040] また本発明の角速度センサは、角速度検出回路と、自己診断回路とが兼用されたことを特徴とする。これによって、よりシンプル回路構成が構成できるので、小型化、低コスト化が実現できる。

[0041] また本発明の角速度センサは、さらに、故障診断を実施するために外部からのチェ

ック信号が入力される故障診断チェック端子を備える。また、第2駆動回路内にチェック端子からの出力信号に応動して駆動信号に振幅の差を発生するための手段が設けられた角速度センサである。こうした構成によれば、本発明の角速度センサの外部からのチェック信号を逐次受け入れることができるので、いつでも任意に故障診断を試みることができる。

図面の簡単な説明

[0042] [図1]図1は本発明の実施の形態1にかかる角速度センサの分解斜視図である。

[図2]図2は本発明にかかる同角速度センサに用いる音叉型振動子の構成図である。

[図3]図3は本発明にかかる図2に示した音叉型振動子の2-2断面図である。

[図4]図4は本発明にかかる角速度センサの回路ブロック図である。

[図5]図5は本発明にかかる図4に示した角速度センサの回路の要部及び同振動子のアームの振動状態を示す波形図である。

[図6]図6は本発明にかかる故障診断時の駆動信号の振幅の差と自己診断回路の出力信号との関係を示す特性図である。

[図7]図7は本発明の実施の形態2にかかる角速度センサに用いる音叉型振動子の斜視図である。

[図8]図8は本発明の実施の形態3にかかる角速度センサの音叉型振動子の斜視図である。

[図9]図9は従来の角速度センサの振動子を示す斜視図である。

[図10]図10は従来の角速度センサの振動子を示す側面図である。

符号の説明

- [0043]
- 1 音叉型振動子
 - 2 ICチップ
 - 3 パッケージ
 - 4 蓋
 - 5 チップ部品
 - 6 端子

- 7 ホルダー
- 8 ケース
- 10a, 10b アーム
- 11a, 12a, 13a, 14a, 15a, 16a 上面電極
- 11b, 12b, 13b, 14b 圧電膜
- 11c, 12c, 13c, 14c 下面電極
- 17 モニター電極
- 18 支持部
- 19, 20, 21, 22, 23, 74, 75 パッド電極
- 30 アーム10aの中心部
- 31 アーム10bの中心部
- 32, 33 一主面
- 40, 50, 51, 52, 53, 54, 60, 61, 68 端子
- 41, 62, 63 カレントアンプ
- 42 全波整流回路
- 43 AGC回路
- 44, 45, 46, 47 アンプ
- 64 差動アンプ
- 65 位相器
- 66 同期検波器
- 67 ローパスフィルタ
- 70a, 71a, 72a, 73a 上面電極
- 76, 86 アーム10aの回転方向
- 77, 87 アーム10bの回転方向
- 80a, 81a, 82a, 83a 上面電極

発明を実施するための最良の形態

[0044] 以下に本発明の一実施の形態について図面を参照しながら説明する。

[0045] （実施の形態1）

図1は本発明の実施の形態1にかかる角速度センサの分解斜視図、図2は同角速度センサに用いる音叉型振動子の構成図、図3は図2に示した音叉型振動子の2-2断面図、図4は同角速度センサの回路ブロック図、図5は同回路ブロック図における要部及び同振動子のアームの振動状態を示す信号波形図、図6は故障診断時の駆動信号の振幅の差と自己診断回路の出力信号との関係を示す特性図である。

- [0046] 図1に示した角速度センサは、基部すなわち基本部材がシリコン等の弾性材料で構成された音叉型振動子1、回路が作り込まれたICチップ2、音叉型振動子1とICチップ2が収納されるセラミック製のパッケージ3、パッケージ3を封止するための蓋4、蓋4により封止されたパッケージ3とチップ部品5と端子6等の導体とともに樹脂で一体成型されたホルダー7、ホルダー7を覆うケース8を備えている。
- [0047] 図2は角速度センサに用いる音叉型振動子の構成を示す。音叉型振動子1はアーム10a, 10bを備える。また、上面電極11a, 12a, 13a及び14aを備え、これらは後述の図3に示した圧電膜11b, 12b, 13b及び14bに各別に設けられた駆動電極である。また、上面電極15a, 16aは検出部を構成している。
- [0048] モニター電極17は、アーム10a, 10bが音叉型振動子1のX軸方向に音叉振動するときの振幅をモニターする。支持部18は音叉型振動子1を支えている。電極19, 20, 21, 22及び23は、上面電極11a, 12a, 13a, 14a及びモニター電極17に各別につながるパッド電極である。中心部30はアーム10a、中心部31はアーム10bのそれぞれ中心位置を示す。
- [0049] 図3は図2に示した音叉型振動子1の2-2断面図である。図2に示したものと同一箇所には同じ符号を付与した。アーム10aは中心部30を境にして、その外側30aと、その内側30bを有する。また、アーム10aは一主面32を有する。アーム10aの外側30aの一主面32の上には下面電極11cが設けられている。下面電極11cの上には、PZTからなる膜面に垂直方向に分極された圧電膜11bが設けられ、その上には駆動電極である上面電極11aが設けられている。
- [0050] 同様にアーム10aの内側30bの一主面32の上には下面電極12c、分極処理された圧電膜12b及び上面電極12aがこの順序で設けられている。
- [0051] さらに図3において、アーム10bは中心部31を境にして、その外側31aとその内側

31bを有する。また、アーム10bは一主面33を有する。アーム10bの外側31aの一主面33の上には下面電極13cが設けられている。下面電極13cの上には、PZTからなる膜面に垂直方向に分極された圧電膜13bが設けられ、その上には駆動電極である上面電極13aが設けられている。

[0052] 同様にアーム10bの内側31bの一主面33の上には下面電極14c、分極処理された圧電膜14b、上面電極14aがこの順序で設けられている。

[0053] 駆動部は、上述したようにアーム10a上に設けられた上面電極11a、圧電膜11b、下面電極11cから構成された部分と、上面電極12a、圧電膜12b、下面電極12cから構成された部分とからなる、いわゆる一對の構成になっている。同様に、アーム10b上にも一對で駆動部が構成されている。また、駆動部はアーム10a上の中心部30に対して略対称に構成されると同時に、音叉型振動子1の対称軸を中心に左右にアーム10a、10b間においても略対称に構成されている。

[0054] 検出部は、アーム10aの一主面32上に設けられた下面電極(図示せず)、この下面電極上に設けられたPZTからなる膜面に垂直方向に分極処理された圧電膜(図示せず)とこの圧電膜上に設けられた上面電極15aで構成されている。同様に、アーム10bの一主面33の上にも下面電極(図示せず)、この下面電極の上に設けられたPZTからなる膜面に垂直方向に分極処理された圧電膜(図示せず)とこの圧電膜上に設けられた上面電極16aで構成されている。

[0055] また、検出部は、音叉型振動子1の対称軸を中心に左右のアーム10a、10b間においても略対称に構成されている。

[0056] 同様に、モニター電極17の下にもPZTからなる膜面に垂直方向に分極処理された圧電膜(図示せず)と下面電極(図示せず)が設けられている。

[0057] 図4には、本発明にかかる角速度センサに用いる回路ブロック図を示す。図4を正視して左側、中央部に示した端子40にはモニター電極17に発生した電荷がパッド電極23を介して供給される。カレントアンプ41は端子40に入力された電荷を増幅し、その出力は全波整流器42に入力され、そこで整流、平滑される。AGC回路43には、カレントアンプ41の出力と全波整流器42の出力が入力される。AGC回路43は、アーム10a、10bが音叉型振動子のX軸方向に音叉振動する振幅が所定値になるよ

うに駆動信号の振幅を制御する。アンプ44にはAGC回路43の出力が入力され、その出力は端子51を経由し、さらに図2に示したパッド電極19を介して上面電極11aにたとえば正の駆動信号を供給する。

[0058] また、アンプ44の出力はアンプ45にも入力されている。アンプ45の出力は端子50を経由し、さらに図2に示したパッド電極20を介して上面電極12aに供給される。アンプ45の出力はアンプ44の振幅とほぼ同じで位相が反転された、すなわち、位相が 180° シフトした、たとえば、負の駆動信号を出力する。

[0059] また、アンプ44の出力はアンプ46にも入力される。アンプ46の出力は端子52を経由し、さらに図2に示したパッド電極22を介して上面電極14aに供給される。アンプ46の出力はアンプ44の振幅とほぼ同じで位相が反転された、すなわち、位相が 180° シフトした、たとえば、負の駆動信号を上面電極14aに供給する。

[0060] アンプ46の出力はアンプ47に入力される。アンプ47の出力はアンプ46の出力とは位相が反転されるも振幅はほぼ等しい、たとえば正の駆動信号を出力する。アンプ47から出力される駆動信号は端子53を経由し、さらに図2に示したパッド電極21を介して上面電極13aに供給される。

[0061] 図4を正視して左側、下方部に示した端子60、61は図2に示した上面電極15a、16aに各別につながっている。上面電極15aに発生した電荷は端子60を介してカレントアンプ62によって、所定の大きさに増幅される。また、上面電極16aに発生した電荷は端子61を介してカレントアンプ63によって所定の大きさに増幅される。差動アンプ64はカレントアンプ62及び63の各出力に生じた差分の信号を増幅する。位相器65は差動アンプ64の出力信号を所定の位相だけシフトさせる、いわゆる位相手段である。位相器65の出力信号は後述の図5に波形gで示す。

[0062] 位相器65の出力は同期検波器66に入力される。同期検波器66は位相器65の出力(図5の波形g)をカレントアンプ41の出力信号(図5の波形b)を用いて同期検波を行う。同期検波後の信号は図5に波形hで示されている。

[0063] 図5の波形hで示した同期検波後の信号はローパスフィルタ67で濾波され、濾波後の信号は図5の波形iで示され、この濾波信号(図5の波形i)は端子68に導出される。

- [0064] 図4を正視して右側、中央部に示した端子54(故障診断チェック端子)にはアンプ45及びアンプ47の増幅度を変化させるための制御信号が入力される。この制御信号は故障診断を実施するための外部チェック信号としての役割をもっている。この外部チェック信号は図5で波形aに示すように、たとえば矩形状の信号とすることができる。
- [0065] 次に、実施の形態1にかかる角速度センサにおいての通常の角速度検出を行うときの動作について説明する。
- [0066] 図5に示した“通常の角速度検出モード”のときには、図5の端子54に、故障診断を実施するためのチェック信号(図5の波形a)が外部から供給されていない。このため、アンプ45、47の増幅度を変化させるための制御信号が供給されていない。したがって、上面電極11a、12a、13a及び14a(図2、図3参照)に供給される駆動信号の振幅はすべて同じである。
- [0067] また、上面電極11aに供給される正(または負)の駆動信号と、上面電極12aに供給される負(または正)の駆動信号の位相は互いに反転された状態におかれている。すなわち、互いに 180° の位相差をもつように選ばれている。さらに上面電極13aに供給される正(または負)の駆動信号と、上面電極14aに供給される負(または正)の駆動信号も互いに反転した、すなわち、 180° の位相差に選ばれている。
- [0068] こうした条件設定によって、例えばアーム10aの中心部30を境にして、圧電膜11bがY軸方向に縮むとアーム10aをX軸方向(外向き)に曲げようとする力が発生すると同時にZ軸方向(奥から手前に向かう方向)にも曲げようとする力が発生する。
- [0069] また、アーム10aの中心部30を境にして、圧電膜12bはY軸方向に伸びるため、アーム10aをそのX軸方向(外向き)に曲げようとする力が発生すると同時にZ軸方向(奥から手前に向かう方向)にも曲げようとする力が発生する。
- [0070] その結果、アーム10aの中心部30を境にして、アーム10aの左右の部分とそのZ軸方向に互いに逆に撓ませようとする力が釣り合い、相殺されてしまうため、X軸方向(外向き)への振動しか起こらないことになる。
- [0071] 同様の原理に基づき、アーム10bの中心部31を境にして、アーム10bの左右の部分とそのZ軸方向に互いに逆に撓ませようとする力が釣り合い、相殺されてしまうため、X軸方向(外向き)への振動しか起こらない。この音叉振動が継続している状態のと

きのX軸方向へのアーム10a, 10bの振動変位は、図5に波形eで示すようにその位相は、音叉型振動子1が共振振動をしているため、図5の波形cに示した駆動信号の位相とは90° 異なっている。

[0072] すなわち、図5の波形c, dに示した駆動信号の振幅が最大するとき、X軸方向へのアーム10a, 10bの振動変位は、図5の波形eで示すようにゼロとなる。また、Z軸方向へのアーム10a, 10bの振動変位は、図5の波形fで示すように発生しない。このように、アーム10a, 10bは音叉型振動子1のXY面内のみで安定した音叉振動を行うことになる。

[0073] 上述のような音叉型振動子のXY面内で安定した音叉振動をしている状態でY軸周りに角速度 Ω が印加されると、上面電極15aから例えば正の電荷が発生し、上面電極16aから大きさが同じで負の電荷が発生する。これらの電荷を本発明の図4に示した故障診断機能を備えた角速度センサの回路で処理することにより、印加された角速度 Ω の大きさに応じた出力信号を端子68から導出することができる。

[0074] 次に、本実施の形態の角速度センサにおける故障診断時の動作について図4, 図5を用いて説明する。

[0075] 故障診断を実施するために、すなわち、図5に示した“故障診断モード”に入ると、図4に示した端子54には図5の波形aで示したチェック信号が外部から入力される。このときに、アンプ45, 47の増幅度を変化させるための制御信号(図5の波形aに示したチェック信号)が入力される。この制御信号により、例えばアンプ45, 47の増幅度が同時に減少させられると、上面電極12aに供給される駆動信号の振幅は図5の波形dで示すように減少する。同様に、上面電極13aに供給される駆動信号の振幅も減少する。

[0076] このとき、AGC回路43の働きにより、アーム10a, 10bのX軸方向に音叉振動する振幅が所定値になるように、上面電極11aに供給される駆動信号は図5に波形cで示すように増加する。同様に、上面電極14aに供給される駆動信号の振幅も増加する。

[0077] すなわち、上面電極11aに供給される正(または負)の駆動信号と上面電極12aに供給される負(または正)は互いに反転された状態、すなわち、180° の位相差におかれているので、上面電極11aに供給される駆動信号の振幅と上面電極12aに供給

される駆動信号の振幅との間に差が生じる。

- [0078] このとき、アーム10aの中心部30を境にして、圧電膜11bがそのY軸方向に縮む力が、アーム10aの中心部30を境にして、圧電膜12bがそのY軸方向に伸びる力を超えるため、アーム10aの中心部30を境にして、アーム10aの左右の部分をそのZ軸方向に互いに逆に撓ませようとする力が釣り合わなくなる。
- [0079] その結果、これらの力は相殺されず、アーム10aをX軸方向（外向き）へ振動させると同時にあたかも角速度が印加されたときのコリオリ力によってZ軸方向への撓み振動のように、奥から手前に向かって曲げようとする力が発生する。
- [0080] 同様のことは、アーム10bでも発生している。すなわち、アーム10bの中心部31を境にして、圧電膜14bがそのY軸方向に伸びる力が、Y軸方向に縮む力を超えるため、アーム10bの中心部31を境にして、アーム10bの左右の部分をZ軸方向に互いに逆に撓ませようとする力が釣り合わなくなる。
- [0081] その結果これらの力は相殺されず、アーム10bをX軸方向（外向き）へ振動させると同時にあたかも角速度が印加されたときのコリオリ力によってZ軸方向への撓み振動のように、奥から手前に向かって曲げようとする力が発生する。
- [0082] アーム10a, 10bをZ軸方向へ曲げようとする力によって、Z軸方向へのアーム10a, 10bの振動変位は図5に波形fで示すようになる。Z軸方向へのアーム10a, 10bの振動変位を示した図5の波形fの位相は、図5に波形cに示した駆動信号の波形と同相になる。何故ならば、アーム10a, 10bの幅と厚みを適宜コントロールすることにより、音叉型振動子1のX軸方向への共振周波数とそのZ軸方向への共振周波数が異なるように設計されているため、アーム10a, 10bをX軸方向への共振周波数で駆動するとき、アーム10a, 10bのZ軸方向への振動はX軸方向への共振周波数では、共振せず、非共振となるからである。
- [0083] その結果、図5の波形cに示した駆動信号の振幅が最大（符号 c_p で表示）のとき、アーム10a, 10bの振動変位 f も最大（符号 f_p で表示）となる。さらに、図5に波形fで示した、アーム10a, 10bのZ軸方向への振動変位の位相は、Y軸周りに角速度 Ω が印加されたときに、アーム10a, 10bがZ軸方向へ振動変位するときの波形の位相と同じになる。

- [0084] アーム10a, 10bのZ軸方向への振動変位に応じて、上面電極15a, 16aに発生する電荷をカレントアンプ62, 63に入力し、カレントアンプ62, 63からの出力をそれぞれ差動アンプ64に入力して、両者の差動アンプの差分信号を増幅させる。差動アンプ64からの出力を位相器65に入力すると、位相器65の出力は図5の波形gに示すようになる。
- [0085] 図5のgに示した出力は、あたかも実際にY軸周りに角速度 Ω が印加されたときの出力波形と同じである。この出力(図5の波形g)をカレントアンプ41からの出力信号を用い、同期検波器66により同期検波した後の信号は図5の波形hに示すようになる。さらにこの信号をローパスフィルタ67で処理した後の出力の大きさは、図5に波形iで示すようにV68となる。この出力V68が端子68から導出され、故障診断が可能な信号として外部に取り出される。
- [0086] 端子54にチェック信号が外部から入力されたときの上面電極12aに供給される駆動信号(図5の波形c)の振幅をDM、上面電極11aに供給される駆動信号(図5の波形d)の振幅をDPと定義すると、 $(DP-DM)$ と端子68に導出される信号の大きさV68の間には一定の関係($V68=k(DP-DM)$ 、 k は関数)が存在する(図6参照)。
- [0087] 図6において、横軸は $(DP-DM)$ 、縦軸は出力V68である。図6に示すように、 $DP-DM=\alpha$ までは、V68が線形で、 $DP-DM=\alpha$ のとき、出力 $V68=\Delta V$ となり、この大きさと波形を図5の波形iで示している。
- [0088] 上述したように、実際に印加された角速度 Ω を検出するための角速度検出回路を用いて、端子54に外部から入力された図5の波形aで示したチェック信号に従って、検出部の故障診断が可能な信号を出力することができる。すなわち、この例では、角速度検出回路が自己診断回路を兼ねる。
- [0089] また、検出部の故障診断のために、振動子上に駆動部と検出部とは別の新たな手段を設けることなしに、シンプルで、かつ、小型であるにも関わらず、高精度な検出部の故障診断が可能である。また、駆動部と検出部が互いに独立した状態で振動子上に設けられているため、駆動部とは兼用でない検出部の独立した故障診断が可能となる信号を出力することができる。
- [0090] 上記は、駆動部を両アームに設けた例について説明した。しかし、駆動部は少なく

とも1つのアームの少なくとも1つの一主面上に設ければよい。同様に検出部も、少なくとも1つのアームの少なくとも1つの一主面上に設ければよい。

[0091] また、1つのアーム上で中心部を境にして、駆動部をそれぞれ独立させて設ける例について説明した。しかし、少なくとも上部の電極はアーム上の中心部を境にして、離間させて設ければよい。

[0092] また、端子54に外部からチェック信号(図5の波形a)が入力できる構成になっているため、外部から任意の時間に故障診断を行うことができる。

[0093] また、上記は角速度検出回路が自己診断回路を兼ねる構成について説明した。しかし、角速度検出回路と自己診断回路をそれぞれ独立して設けてもよい。

[0094] また、端子68から故障診断が可能な信号が出力(図5の波形i)として得られるが、さらに、端子68の後段にこの出力iを判定する回路を角速度センサ内に内蔵させる構成も可能である。

[0095] (実施の形態2)

図7は本発明の実施の形態2にかかる角速度センサに用いる音叉型振動子の斜視図である。実施の形態1(図2)と同様に音叉型振動子1はアーム10a, 10bを備えている。また、音叉型振動子1は支持部18で支えられている。上面電極15a, 16aはそれぞれアーム10a, 10b上に形成されている。また、アーム10a, 10bにはそれぞれの中心位置を表す中心部30, 31を示している。

[0096] 図7において、上面電極70a, 71a, 72a及び73aは駆動電極として用意されている。上面電極70a, 71aはアーム10a側に、上面電極72a, 73aはアーム10b側にそれぞれ設けられている。パッド電極74は上面電極70a, 72aにつながる。パッド電極75は上面電極71a, 73aにつながる。

[0097] また、図7において、アーム10aの一主面32上の中心部30を境にして、左側に下面電極(図示せず)、PZTからなる膜面に垂直方向に分極処理された圧電膜(図示せず)と上面電極70aが設けられている。また、中心部30を境にして、右側に略対称に下面電極(図示せず)、PZTからなる膜面に垂直方向に分極処理された圧電膜(図示せず)と上面電極71aがそれぞれ設けられている。

[0098] また、アーム10bの一主面33上の中心部31を境にして、左側に下面電極(図示せ

ず)、PZTからなる膜面に垂直方向に分極処理された圧電膜(図示せず)と上面電極73aがそれぞれ設けられている。中心部31を境にして、右側に略対称に下面電極(図示せず)、PZTからなる膜面に垂直方向に分極処理された圧電膜(図示せず)及び上面電極72aがそれぞれ設けられている。ただし、実施の形態1とは、駆動部は音叉型振動子1の対称軸を中心に左右のアーム10a, 10bが対称ではなく、アーム10b上の駆動部の面積の方がアーム10a上の駆動部のそれよりも大きく構成したことで相違する。

[0099] また、パッド電極74, 75は図4に示した端子51, 50と各別につながっている。しかし、実施の形態1とは、図4に示した端子52, 53を用意する必要がなくなる点で相違する。このため、アンプ46, 47も不要となるので回路構成がよりシンプルになる。

[0100] 以下、実施の形態2の角速度センサにかかる通常の角速度検出を行うときの動作を説明する。

[0101] 通常の角速度検出を行うモードにおいては、実施の形態1と同様に、端子54(図4参照)に故障診断を実施するためのチェック信号(図5の波形a)が外部から入力されていない。すなわち、アンプ45の増幅度を変化させるための制御信号が入力されていない。このため、上面電極70a, 71a, 72a及び73aに供給される駆動信号の振幅はすべて同じである。

[0102] また、上面電極70aに供給される正(または負)の駆動信号と上面電極71aに供給される負(または正)の駆動信号とは互いに反転された、すなわち、 180° の位相差をもって設定されている。さらに上面電極72aに供給されるたとえば正(または負)の駆動信号と、上面電極73aに供給されるたとえば負(または正)の駆動信号の位相も互いに反転された 180° の位相差に設定されている。

[0103] このとき、アーム10aの中心部30を境にして、アーム10aの左右の部分とそのZ軸方向に互いに逆に撓ませようとする力が釣り合い、相殺されてしまうため、音叉型振動子1のX軸方向(外向き)の振動しか起こらない。同様の原理に基づき、アーム10bの中心部31を境にして、アーム10bの左右の部分とそのZ軸方向に互いに逆に撓ませようとする力が釣り合い、相殺されてしまうため、X軸方向(外向き)への振動しか起こらない。

- [0104] この結果、実施の形態2においても、実施の形態1と同じように、アーム10a, 10bは音叉型振動子1のXY面内で安定した音叉振動を行うことができる。これにより、実施の形態1と同様に、音叉型振動子のY軸の周りに印加された角速度 Ω の大きさに応じた出力信号を端子68から導出することができる。
- [0105] 次に、実施の形態2の角速度センサにおける故障診断を実施するときの動作について説明する。
- [0106] 故障診断を実施するために、実施の形態1と同様に、故障診断チェック端子としての端子54に図5の波形aで示したチェック信号が図示しない外部から入力される。すなわち、このときに、アンプ45の増幅度を変化させるための制御信号(図5の波形aで示したチェック信号)が入力される。この制御信号により、例えばアンプ45の増幅度が減少させられると、上面電極71a, 73aに供給される駆動信号の振幅は減少する。このとき、AGC回路43の働きにより、アーム10a, 10bのX軸方向に音叉振動する振幅が所定値になるように、上面電極70a, 72aに供給される駆動信号の振幅が増加する。
- [0107] 上面電極70aに供給される正(または負)の駆動信号と上面電極71aに供給される負(または正)の駆動信号の位相が反転された状態のとき、すなわち、互いに位相差が 180° の関係をもった駆動信号が供給されたときに、上面電極70aに供給される駆動信号の振幅は上面電極71aに供給される駆動信号のそれよりも大きくなり、駆動信号の振幅に差が生じる。
- [0108] このとき、アーム10aの中心部30を境にして、左側の圧電膜がY軸方向に縮む力が、アーム10aの中心部30を境にして、右側の圧電膜がY軸方向に伸びる力を超える。このため、アーム10aの中心部30を境にして、アーム10aの左右の部分をZ軸方向に互いに逆に撓ませようとする力が釣り合わなくなる。その結果、これらの力は相殺されず、アーム10aをX軸方向(外向き)へ振動させると同時にあたかも角速度が印加されたときのコリオリ力によって、Z軸方向への撓み振動のように、奥から手前に向かって曲げようとする力が発生する。
- [0109] 同様のことは、アーム10bでも発生する。すなわち、アーム10bの中心部31を境にして、右側の圧電膜がY軸方向に縮む力が、アーム10bの中心部31を境にして、左

側の圧電膜がY軸方向に伸びる力を超える。このため、アーム10bの中心部31を境にして、アーム10bの左右の部分をZ軸方向に互いに逆に撓ませようとする力が釣り合わなくなる。

[0110] その結果これらの力は相殺されず、アーム10bをX軸方向(外向き)へ振動させると同時にあたかも角速度が印加されたときのコリオリ力によってZ軸方向への撓み振動のように、奥から手前に向かって曲げようとする力が発生する。

[0111] 但し、実施の形態1の場合とは異なるのは、アーム10b側の駆動部の面積の方がアーム10a側の駆動部のそれよりも大きいため、アーム10b側の曲げようとする力の大きさがアーム10a側の曲げようとする力の大きさを超えるということになる(すなわち、差分の力が発生する)。

[0112] そのため、この差分の力に基づきアーム10aは、符号76(手前から奥に向かう矢印)の方向に回転し、アーム10bは、符号77(奥から手前に向かう矢印)の方向に回転する。

[0113] 以上の説明から明らかなように、実施の形態2においては、実施の形態1の場合と同様に、アーム10a, 10bのZ軸方向への振動変位によって上面電極15a, 16aに発生する電荷を実際に印加された角速度 Ω を検出するための角速度検出回路を用いて、検出部の故障診断を可能とする信号を端子68から導出することができる。

[0114] また、検出部の故障診断のために、振動子上に駆動部と検出別の新たな手段を設ける必要がないので、シンプルでかつ小型であるにも関わらず、高精度な検出部の故障診断が可能である。また、駆動部と検出部が独立に振動子上に設けられているため、検出部を駆動部とは兼用させずに独立した状態故障診断が可能となる信号が出力できる。

[0115] また、検出部を両アームに設けた例について説明した。しかし、検出部は少なくとも1つのアームの少なくとも1つの一主面上に設けられていればよい。

[0116] また、1つのアーム上で中心部を境にして、駆動部をそれぞれ独立させて設けた例について説明したが、少なくとも上部の電極がアーム上の中心部を境にして、離間させて設けられていればよい。

[0117] また、端子54に図示しない外部から、図5の波形aで示したチェック信号が入力

できる構成になっているため、外部から故障診断チェック信号を逐次受け入れるならば、いつでも任意に故障診断を試みることができる。

[0118] また、角速度検出回路が自己診断回路を兼ねる構成について説明したが、当然、角速度検出回路と自己診断回路をそれぞれ独立して設けることも可能である。

[0119] また、端子68から故障診断が可能な信号として図5の波形iで示した出力を得ることができるので、端子68の後段に図5の波形iで示した出力を判定する回路を角速度センサ内に内蔵させる構成も可能である。

[0120] (実施の形態3)

図8は本発明の実施の形態3にかかる角速度センサに用いる音叉型振動子の斜視図である。実施の形態1(図2)、実施の形態2(図7)と同様に音叉型振動子1はアーム10a、10bを備えている。また、音叉型振動子1は支持部18で支えられている。上面電極15a、16aはそれぞれアーム10a、10bの上に形成されている。また、アーム10a、10bにはそれらの中心位置を示す中心部30、31を示している。

[0121] 図8において、上面電極80a、81a、82a及び83aは駆動電極として用意されている。上面電極80a、81aはアーム10a側に、上面電極82a、83aはアーム10b側にそれぞれ設けられている。パッド電極74は上面電極80a、82aにつながる。パッド電極75は上面電極81a、83aにつながる。

[0122] また、上面電極80a、81a、82a及び83aは駆動電極として用意されている。上面電極80a、82aはそれぞれパッド電極74で共通につながり、上面電極81a、83aはパッド電極75で共通につながっている。

[0123] 図8において、アーム10aの一主面32の上の中心部30を境にして、左側に下面電極(図示せず)、PZTからなる膜面に垂直方向に分極処理された圧電膜(図示せず)と上面電極80aが設けられ、中心部30を境にして、右側に略対称に下面電極(図示せず)、PZTからなる膜面に垂直方向に分極処理された圧電膜(図示せず)と上面電極81aが設けられている。

[0124] また、アーム10bの一主面33上の中心部31を境にして、左側に下面電極(図示せず)、PZTからなる膜面に垂直方向に分極処理された圧電膜(図示せず)と上面電極83aが設けられ、中心部31を境にして、右側に略対称に下面電極(図示せず)、PZ

Tからなる膜面に垂直方向に分極処理された圧電膜(図示せず)と上面電極82aが設けられている。

- [0125] ただし実施の形態3は、実施の形態1, 2の構成とは異なり、駆動部(上面電極80, 81a, 82a及び83a)は音叉型振動子1の対称軸を中心に左右のアーム10a, 10bは互いに対称ではない。すなわち、アーム10a上の駆動部のY軸方向の位置はアーム10b上の駆動部(上面電極82a, 83a)のその位置よりも、音叉型振動子1の先端側に配設している。すなわち、上面電極80a, 81aは上面電極82a, 83aよりも、図8を正視して上方に配設している。
- [0126] また、アーム10aのより先端側に配設され、かつ、アーム10a上の駆動部の面積とアーム10b上の駆動部の面積は略同じである。また、パッド電極74, 75は図4に示した端子51, 50と各別につながっている。なお、実施の形態1の構成と異なる点は、図4に示した端子52, 53を用いる必要がないため、アンプ46, 47も不要となり、回路構成がよりシンプルな角速度センサ回路の小型化が実現できる。
- [0127] 次に、実施の形態3の角速度センサにおける通常の角速度検出を行うときの動作について説明する。
- [0128] 通常の角速度検出を行うモードにおいては、実施の形態1及び実施の形態2と同様に、故障診断チェック端子としての役割をもった端子54に故障診断を実施するためのチェック信号(図5の波形a)は図示しない外部からは供給されていない。このためアンプ45の増幅度を変化させるための制御信号が供給されることはない。したがって、上面電極80a, 81a, 82a及び83aに入力される駆動信号の振幅はすべて同じである。
- [0129] また、上面電極80aに供給されるたとえば正(または負)の駆動信号と、上面電極81aに供給されるたとえば負(または正)の駆動信号の位相は反転された、すなわち、 180° の位相差の関係をもって設定されている。さらに、上面電極82aのたとえば正(または負)の駆動信号と、上面電極83aに供給されるたとえば負(または正)の駆動信号の位相関係も互いに反転された関係に設定されている。
- [0130] こうした条件設定によって、アーム10aの中心部30を境にして、アーム10aの左右の部分とZ軸方向に互いに逆に撓ませようとする力が釣り合い相殺されることになる。

このため、X軸方向（外向き）への振動しか起こらない。同様の原理に基づき、アーム10bの中心部31を境にして、アーム10bの左右の部分をZ軸方向に互いに逆に撓ませようとする力が釣り合い相殺されることになる。このため、X軸方向（外向き）への振動しか起こらない。その結果、実施の形態1または実施の形態2と同じように、アーム10a, 10bは音叉型振動子のXY面内のみで安定した音叉振動を行うことができる。これにより、実施の形態1及び実施の形態2と同様に、音叉型振動子のY軸の周りに印加された角速度 Ω の大きさに応じた出力信号を端子68から導出することができる。

- [0131] 次に、実施の形態3の角速度センサにおける故障診断を実施するときの動作について説明する。
- [0132] 故障診断を実施するために、たとえば実施の形態1と同様に、端子54に図5の波形aで示したチェック信号を図示しない外部から入力する。すなわち、アンプ45の増幅度を変化させるための制御信号（図5の波形a）を入力する。この制御信号により、例えばアンプ45の増幅度が減少させられると、駆動電極としての、上面電極81a, 83aに供給される駆動信号の振幅は減少する。
- [0133] このとき、AGC回路43の働きにより、アーム10a, 10bのX軸方向に音叉振動する振幅が所定値になるように、上面電極80a, 82aに供給される駆動信号の振幅は、増加する。
- [0134] すなわち、上面電極80aに供給される正（または負）の駆動信号と、上面電極81aに供給される負（または正）の駆動信号の位相は反転した関係に設定される。また、上面電極80aに供給される駆動信号の振幅が上面電極81aに供給される駆動信号の振幅より大きくなり、駆動信号の振幅に差が生じることになる。
- [0135] したがって、アーム10aの中心部30を境にして、左側の圧電膜がY軸方向に縮む力が、アーム10aの中心部30を境にして、右側の圧電膜がY軸方向に伸びる力を超える。このため、アーム10aの中心部30を境にして、アーム10aの左右の部分をZ軸方向に互いに逆に撓ませようとする力が釣り合わなくなる。その結果これらの力は相殺されずに、アーム10aをX軸方向（外向き）へ振動させると同時にあたかも角速度が印加されたときのコリオリ力に基づくようなZ軸方向への撓み振動のように、奥から手

前に向かって曲げようとする力が発生する。

[0136] 同様のことは、アーム10bでも発生する。すなわち、アーム10bの中心部31を境にして、右側の圧電膜がY軸方向に縮む力が、アーム10bの中心部31を境にして、左側の圧電膜がY軸方向に伸びる力を超える。このため、アーム10bの中心部31を境にして、アーム10bの左右の部分をZ軸方向に互いに逆に撓ませようとする力が釣り合わなくなる。その結果これらの力は相殺されず、アーム10bをX軸方向(外向き)へ振動させると同時にあたかも角速度が印加されたときのコリオリ力により、Z軸方向への撓み振動のように、奥から手前に向かって曲げようとする力が発生する。

[0137] なお実施の形態3は、実施の形態1, 2の場合とは異なり、アーム10a, 10bのいずれにおいても、奥から手前に向かって曲げようとする力が発生する。しかし、アーム10a上の駆動部(上面電極80a, 81a)のY軸方向の位置がアーム10b上の駆動部(上面電極82a, 83a)のその位置よりも、音叉型振動子1の先端側に配設されているため、アーム10bの方がアーム10aに比べて、より大きく曲がろうとする、すなわち、差分の力が発生する。

[0138] このため、結果的にはこの差分の力によって、アーム10aは、符号86(手前から奥に向かう矢印)の方向に回転し、アーム10bは、符号87(奥から手前に向かう矢印)の方向に回転する。

[0139] なお実施の形態3も、たとえば、実施の形態1の場合と同様に、このアーム10a, 10bのZ軸方向への振動変位に基づく上面電極15a, 16aに発生する電荷を実際に印加された角速度 Ω を検出するための角速度検出回路を用いて、検出部の故障診断を可能とする信号を端子68から導出することができる。

[0140] また実施の形態3においては、検出部の故障診断のために、振動子上に駆動部と検出部とは別の新たな手段を設けることなしに、シンプルでかつ小型であるにも関わらず、高精度な検出部の故障診断が可能である。また、駆動部と検出部とが互いに独立して振動子上に設けられているため、検出部を駆動部と兼用させずに独立させた状態で故障診断が可能となる信号を導出することができる。

[0141] また、上記は検出部を両アームに設けた例について説明したが、検出部は少なくとも1つのアームの少なくとも1つの一主面上に設けられていればよい。

- [0142] なお、1つのアーム上で中心部を境にして、駆動部をそれぞれ独立させて設けた例について説明したが、少なくとも上部電極がアーム上の中心部を境にして、離間されて設けられていればよい。
- [0143] また、実施の形態3においては、故障診断チェック端子としての役割をもった、端子54に外部からチェック信号を入力できる構成になっているため、逐次、故障診断チェック信号を外部から受け入れて任意に故障診断を行うことができる。
- [0144] また、故障角速度検出回路が自己診断回路を兼ねる構成について説明した。しかし、角速度検出回路と自己診断回路をそれぞれ独立して設けることも可能である。
- [0145] また、実施の形態3においては、端子68から故障診断が可能となり、図5の波形iで示したローパスフィルタ67で処理された出力を端子68から導出することができる。さらに、端子68の後段には図示はしないが、図5の波形iで示した出力を判定する回路を角速度センサ内に内蔵させる構成も可能である。
- [0146] また、実施の形態1、2及び3においては、音叉型振動子の基部として非圧電材料からなるシリコンの例について説明したが、これに限定されない。例えばダイヤモンド、熔融石英カンマ、アルミナまたはGaAs等を用いることも可能である。また、水晶、LiTaO₃またはLiNbO₃等の圧電材料を用いることも可能である。
- [0147] また、実施の形態1、2及び3においては、振動子として音叉型振動子について説明したが、これに限定されるものではない。例えば棒状の振動子等、様々な形状のものを用いることも可能である。

産業上の利用可能性

- [0148] 本発明の角速度センサは、検出部の故障診断のために、振動子上に駆動部と検出部とは別の新たな手段を設けることなしに、シンプルな構成で、かつ、小型であるにも関わらず、高精度な検出部の故障診断が可能な角速度センサとして有用であるので、その産業上の利用可能性は高い。

請求の範囲

- [1] 振動子と、この振動子をX軸方向とZ軸方向に励振し前記振動子上に設けられた駆動部と、前記駆動部に前記振動子をX軸方向に励振するための駆動信号を供給する第1駆動回路と、前記駆動部に前記振動子をX軸方向とZ軸方向に励振する駆動信号を供給するための第2駆動回路と、Z軸方向に振動する前記振動子の撓みを検出するために前記振動子上に設けられた検出部と、前記第1駆動回路より前記駆動部に駆動信号が供給され、かつ、Y軸周りに角速度が入力されたときの前記検出部より出力される信号を増幅し、検波することにより、角速度信号が出力される角速度検出回路と、前記第2駆動回路より前記駆動部に駆動信号が供給されたときの前記検出部より出力される信号を増幅し、検波することにより、前記検出部の故障診断が可能となる信号が出力される自己診断回路とを備えた角速度センサ。
- [2] 前記振動子は少なくとも2つのアームとこのアームを連結する少なくとも1つの基部とを有した弾性材料からなる音叉型振動子であり、さらに駆動部はこの音叉型振動子の少なくとも1つのアームの少なくとも1つの一主面上の中心部を境にして、少なくとも上部電極が離間するように設けられた圧電膜を備え、検出部は前記音叉型振動子の少なくとも1つのアームの少なくとも1つの一主面上に設けられ、さらにその両面に電極を有した圧電膜を備え、X軸方向に音叉振動するように前記離間して設けられた各上部電極に第1駆動回路より互いに位相が反転された駆動信号が供給され、X軸方向に音叉振動するとともにZ軸方向にも振動するように前記離間した各上部電極に第2駆動回路より互いに位相が反転され、かつ、振幅に差をもたせた駆動信号が供給されるように構成された請求項1に記載の角速度センサ。
- [3] 前記振動子は少なくとも2つのアームとこのアームを連結する少なくとも1つの基部とを有した弾性材料からなる音叉型振動子であり、さらに駆動部はこの音叉型振動子の少なくとも1つのアームの少なくとも1つの一主面上の中心部を境にして、離間するように設けられ、その上面、下面にそれぞれ電極を有した一对の圧電膜を備え、さらに検出部は前記音叉型振動子の少なくとも1つのアームの少なくとも1つの一主面上に設けられ、さらにその両面に電極を有した圧電膜を備え、X軸方向に音叉振動するように前記離間した各上面電極に第1駆動回路より互いに位相が反転された駆動

信号が供給され、また、X軸方向に音叉振動するとともにZ軸方向にも振動するように前記離間した各上面電極に第2駆動回路より互いに反転され、かつ、振幅に差をもたせた駆動信号が供給されるように構成された請求項1に記載の角速度センサ。

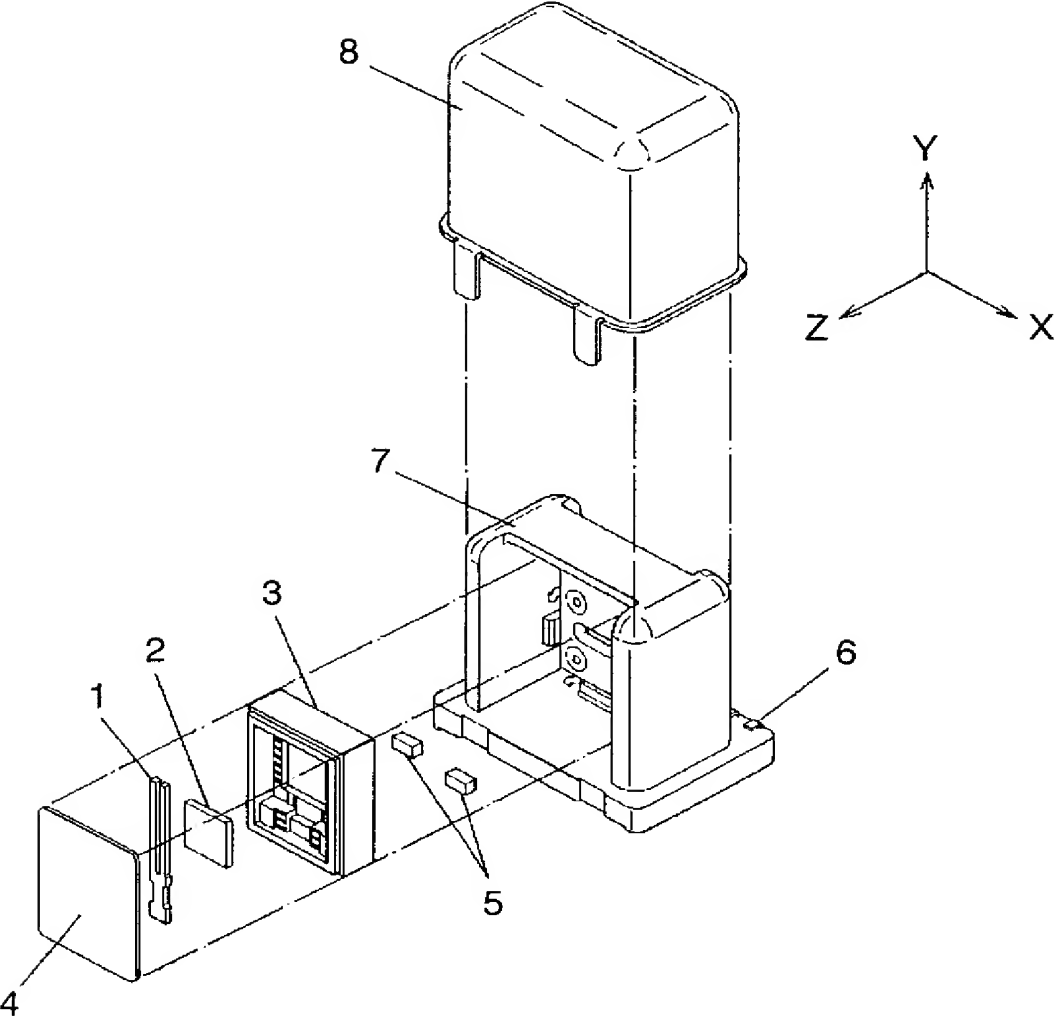
- [4] 前記振動子は少なくとも2つのアームとこのアームを連結する少なくとも1つの基部とを有した弾性材料からなる音叉型振動子であり、駆動部はこの音叉型振動子の2つのアームに設けられ、前記各々のアームの一主面上の中心部を境にして、少なくとも上部電極が離間して設けられ、かつ、少なくとも前記各々のアーム間で前記上部電極の面積に差が設けられた第1、第2の圧電膜を備え、さらに検出部は前記音叉型振動子の少なくとも1つのアームの少なくとも1つの一主面上に設けられ、さらにその両面に電極を有した圧電膜を備え、X軸方向に音叉振動するように前記第1、第2の圧電膜上にそれぞれ設けられた前記離間して設けられた各上部電極に第1駆動回路より互いに位相が反転した駆動信号が供給され、また、X軸方向に音叉振動するとともにZ軸方向にも振動するように前記第1、第2の圧電膜上にそれぞれ設けられた前記離間した各上部電極に第2駆動回路より互いに位相が反転し、かつ、振幅に差をもたせた駆動信号が供給されるように構成された請求項1に記載の角速度センサ。
- [5] 前記振動子は少なくとも2つのアームとこのアームを連結する少なくとも1つの基部とを有した弾性材料からなる音叉型振動子であり、駆動部はこの音叉型振動子の2つのアームに設けられ、前記各々のアームの一主面上の中心部を境にして、離間するように設けられ、その上面、下面にそれぞれ電極を有し、かつ、少なくとも前記各々のアーム間で前記上面電極の面積に差が設けられた各一对の圧電膜を備え、検出部は前記音叉型振動子の少なくとも1つのアームの少なくとも1つの一主面上に設けられ、その両面に電極を有した圧電膜を備え、X軸方向に音叉振動するように前記各一对の圧電膜上にそれぞれ設けられた前記離間した各上面電極に第1駆動回路より互いに位相が反転した駆動信号が供給され、また、X軸方向に音叉振動するとともにZ軸方向にも振動するように前記各一对の圧電膜上にそれぞれ設けられた前記離間した各上面電極に第2駆動回路より互いに位相が反転し、かつ、振幅に差をもたせた駆動信号が供給されるように構成された請求項1に記載の角速度センサ。
- [6] 前記振動子は少なくとも2つのアームとこのアームを連結する少なくとも1つの基部と

を有した弾性材料からなる音叉型振動子であり、駆動部はこの音叉型振動子の2つのアームに設けられ、前記各々のアームの一主面上の中心部を境にして、少なくとも上部電極を離間させて設け、かつ、少なくとも前記各々のアーム間で前記上部電極のY軸方向における位置に差を有した第1、第2の圧電膜を備え、さらに検出部は前記音叉型振動子の少なくとも1つのアームの少なくとも1つの一主面上に設けられ、その両面に電極を有した圧電膜を備え、X軸方向に音叉振動するように前記第1、第2の圧電膜上にそれぞれ設けられた前記離間した各上部電極に第1駆動回路より互いに位相が反転した駆動信号が供給され、また、X軸方向に音叉振動するとともにZ軸方向にも振動するように前記第1、第2の圧電膜上にそれぞれ設けられた前記離間した各上部電極に第2駆動回路より互いに位相が反転し、かつ、振幅に差をもたせた駆動信号が供給されるように構成された請求項1に記載の角速度センサ。

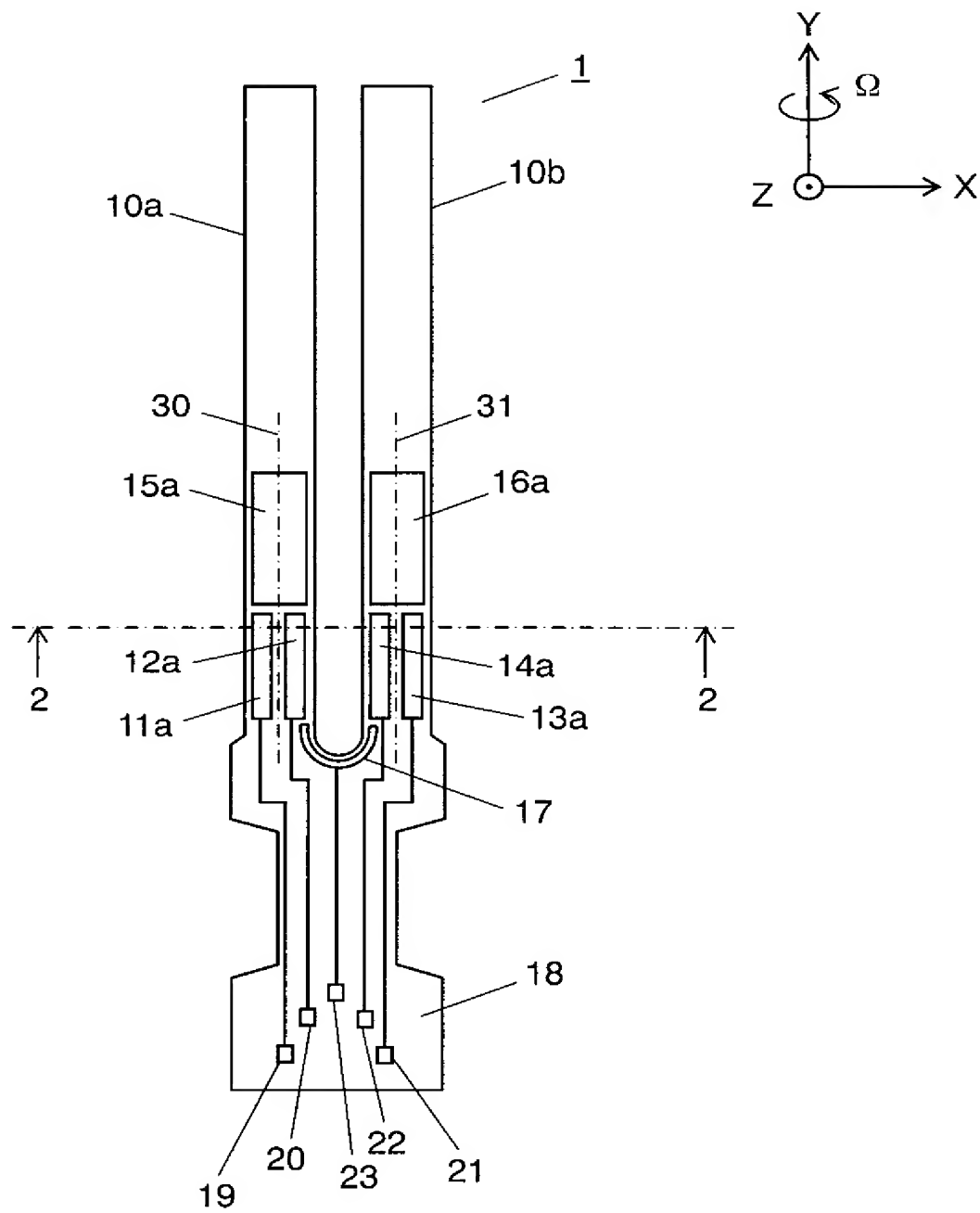
- [7] 前記振動子は少なくとも2つのアームとこのアームを連結する少なくとも1つの基部とを有した弾性材料からなる音叉型振動子であり、駆動部はこの音叉型振動子の2つのアームに設けられ、前記各々のアームの一主面上の中心部を境にして、離間するように設けられ、その上面、下面にそれぞれ電極を有し、かつ、少なくとも前記各々のアーム間で前記上面電極のY軸方向における位置に差を有した各一对の圧電膜を備え、さらに検出部は前記音叉型振動子の少なくとも1つのアームの少なくとも1つの一主面上に設けられ、さらに、その両面に電極を有した圧電膜を備え、X軸方向に音叉振動するように前記各一对の圧電膜上にそれぞれ離間して設けられた各上面電極に第1駆動回路より互いに位相が反転した駆動信号が供給され、また、X軸方向に音叉振動するとともにZ軸方向にも振動するように前記各一对の圧電膜上にそれぞれ設けられた前記離間した各上面電極に第2駆動回路より互いに位相が反転し、かつ、振幅に差をもたせた駆動信号が供給されるように構成された請求項1に記載の角速度センサ。
- [8] 前記角速度検出回路及び前記自己診断回路の機能が兼用された請求項1に記載の角速度センサ。
- [9] 前記故障診断を実施するために前記角速度センサの外部からのチェック信号が入力されるチェック端子を備え、第2駆動回路内にチェック端子からの出力信号に応じ

て駆動信号に振幅の差を発生させるための手段が設けられた請求項2乃至7のいずれか1項に記載の角速度センサ。

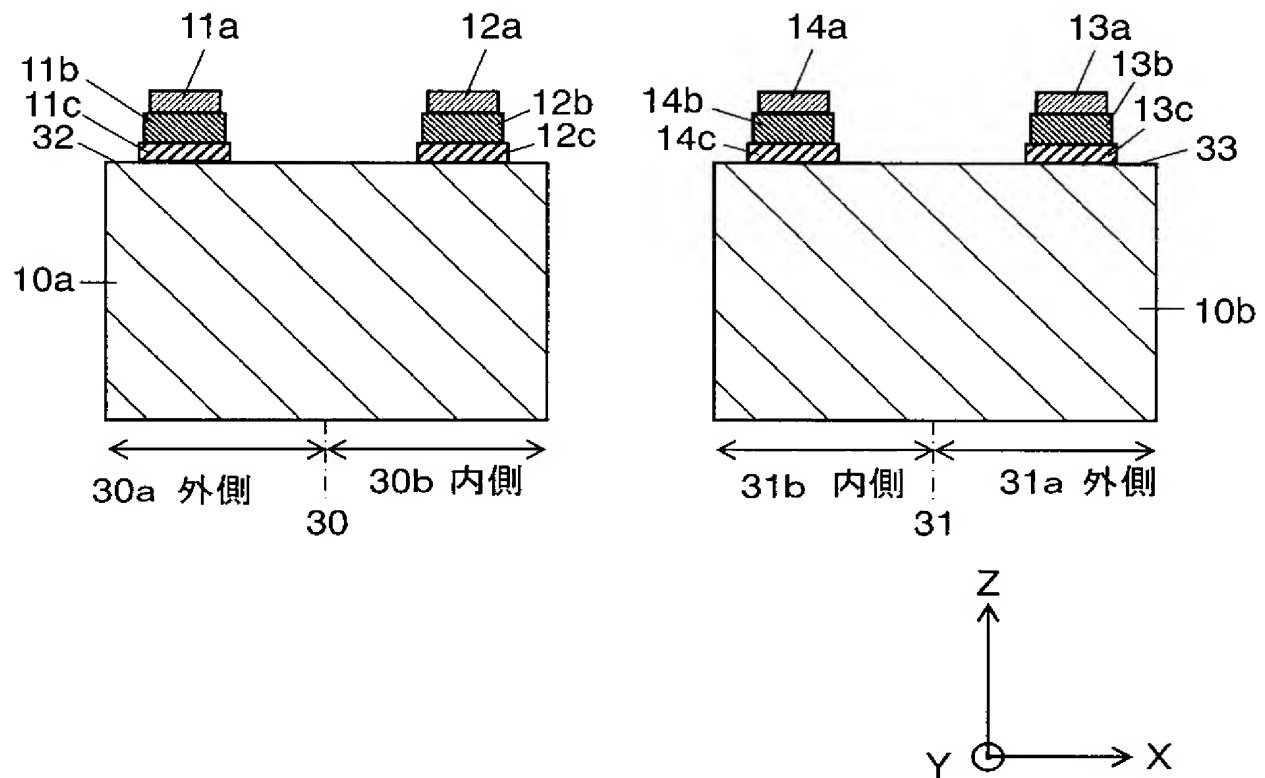
[図1]



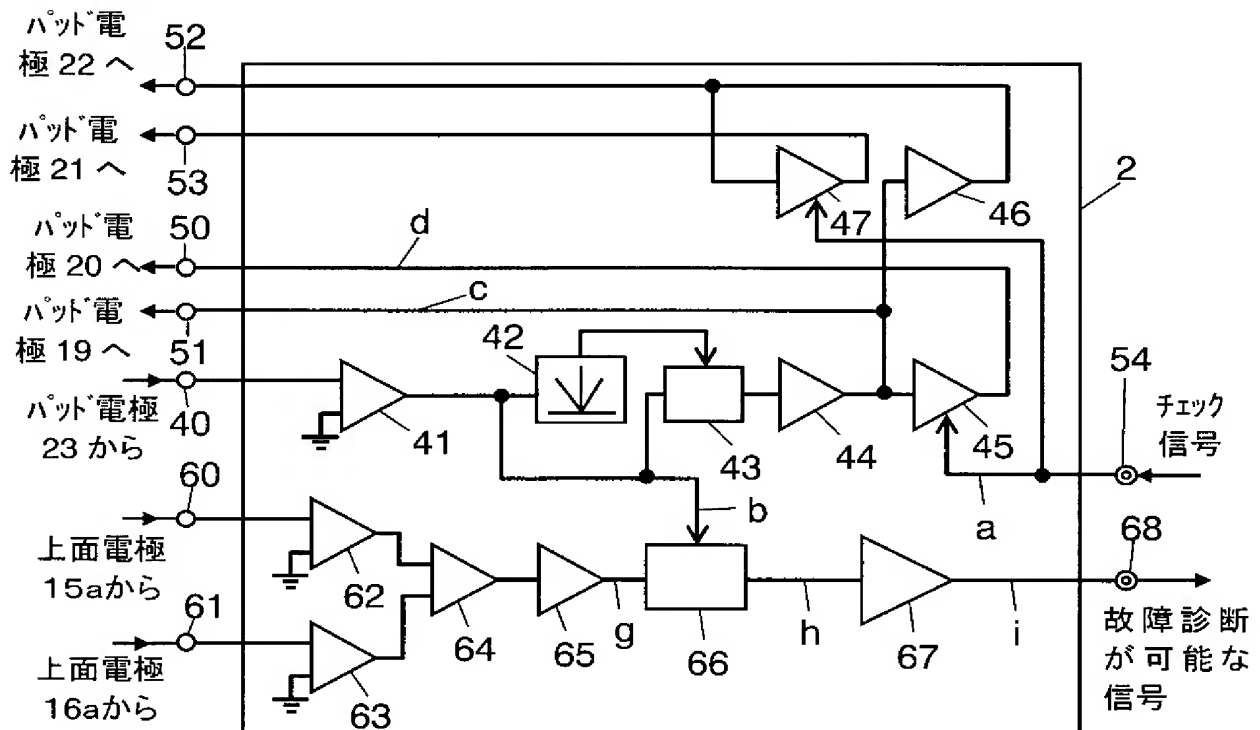
[図2]



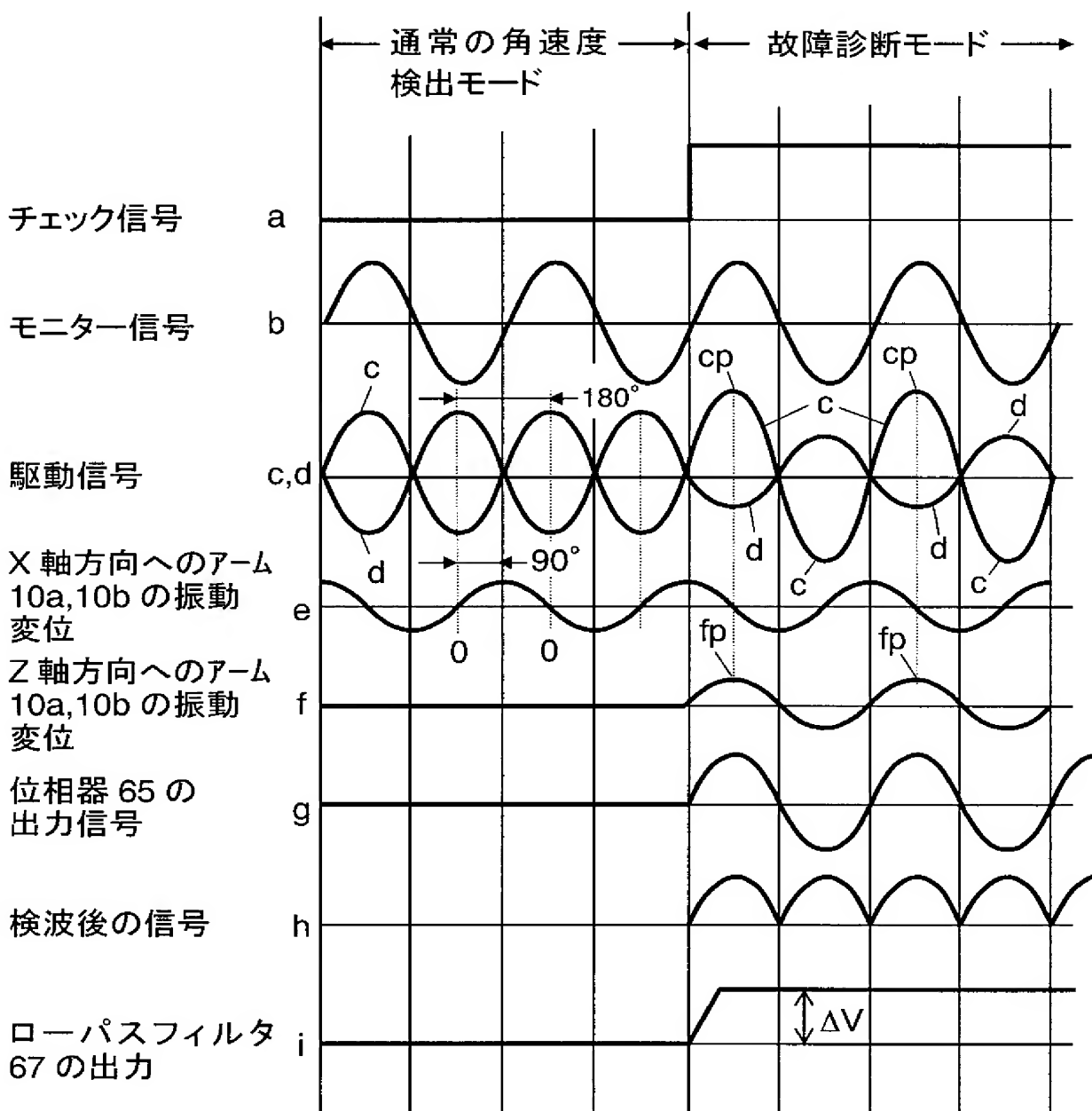
[図3]



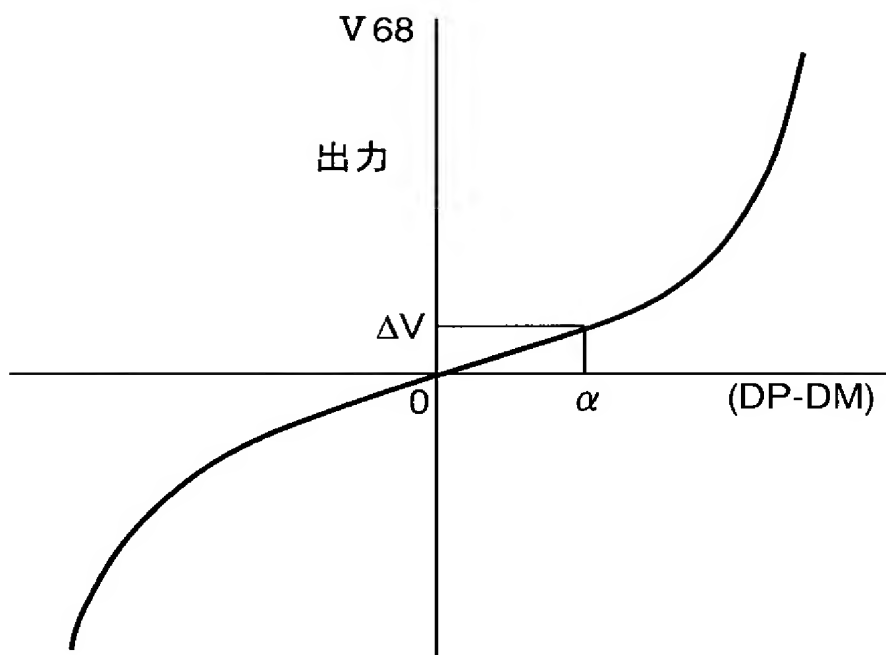
[図4]



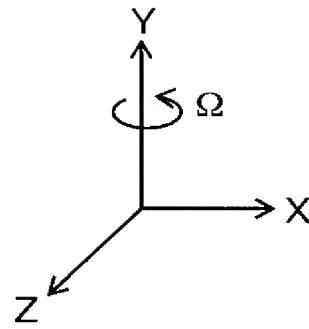
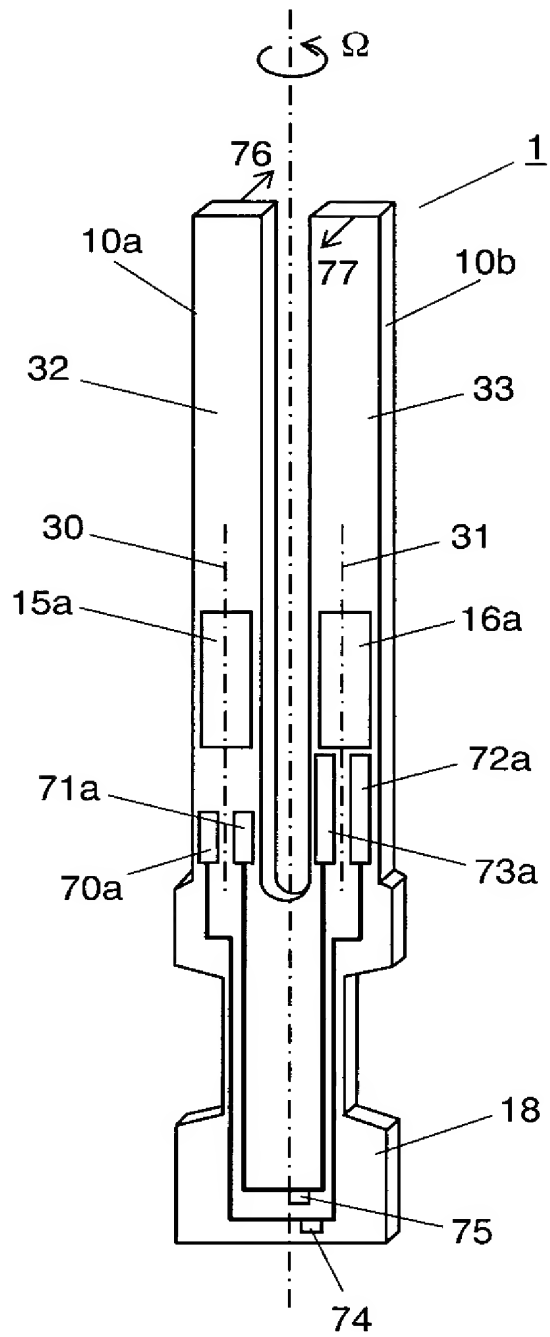
[図5]



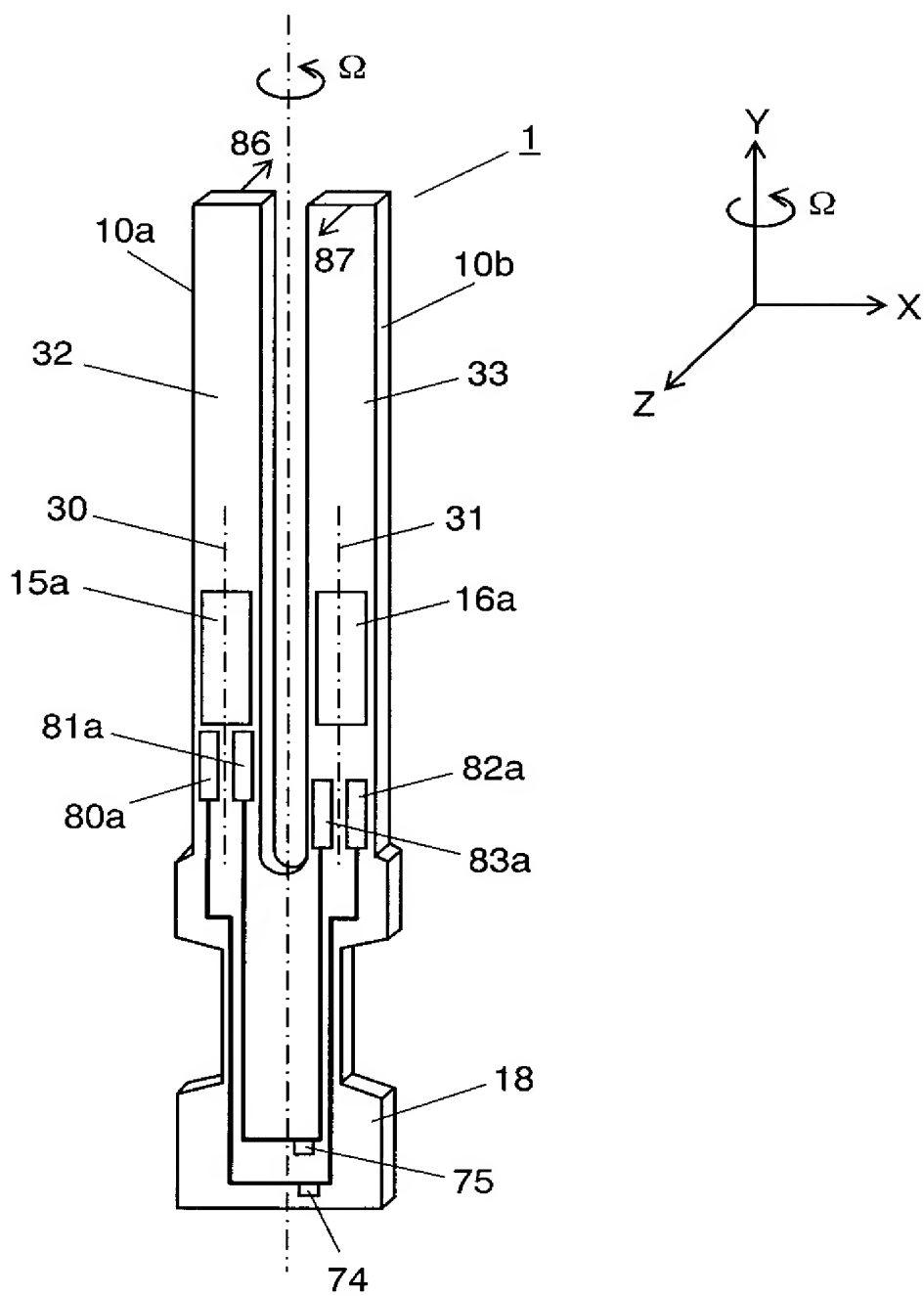
[図6]



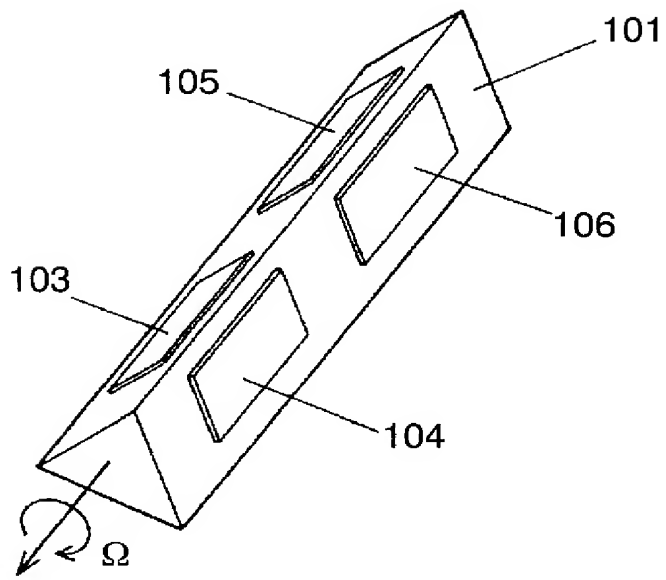
[図7]



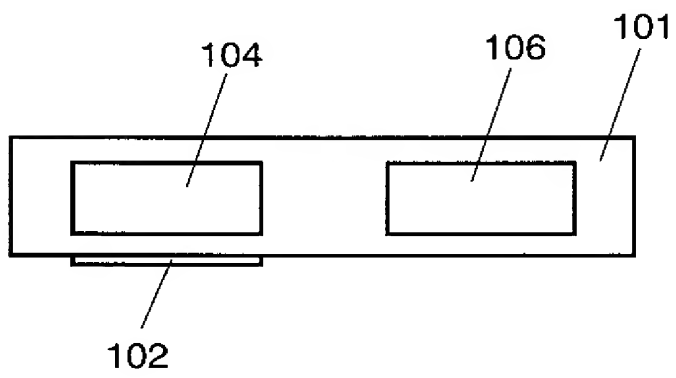
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/002125

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ G01C19/56, G01P9/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ G01C19/56, G01P9/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2005	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 11-101644 A (Murata Mfg. Co., Ltd.), 13 April, 1999 (13.04.99), Full text; all drawings & EP 905479 A2 & US 6029516 A	1, 8 2-7, 9
A	JP 2002-139322 A (Murata Mfg. Co., Ltd.), 17 May, 2002 (17.05.02), Full text; all drawings (Family: none)	1-9
A	JP 7-83951 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 31 March, 1995 (31.03.95), Full text; all drawings (Family: none)	1-9



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
12 May, 2005 (12.05.05)

Date of mailing of the international search report
31 May, 2005 (31.05.05)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/002125

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 3-226621 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 07 October, 1991 (07.10.91), Full text; all drawings (Family: none)	1-9
A	JP 3-226620 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 07 October, 1991 (07.10.91), Full text; all drawings (Family: none)	1-9

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.⁷ G01C19/56, G01P9/04

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.⁷ G01C19/56, G01P9/04

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X A	J P 11-101644 A (株式会社村田製作所) 1999.04.13, 全文, 全図 & E P 905479 A2 & U S 6029516 A	1, 8 2-7, 9
A	J P 2002-139322 A (株式会社村田製作所) 2002.05.17, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-9
A	J P 7-83951 A (松下電器産業株式会社) 1995.03.31, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-9

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

12.05.2005

国際調査報告の発送日

31.5.2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

大和田 有軌

電話番号 03-3581-1101 内線 3258

2S

3004

C (続き) . 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	J P 3-226621 A (松下電器産業株式会社) 1991. 10. 07, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-9
A	J P 3-226620 A (松下電器産業株式会社) 1991. 10. 07, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-9